Aus dem Strahlen-Institut (Prof. Dr. F. Voltz) der Universitäts-Frauenklinik München (Vorstand Prof. Dr. H. Eymer) und dem zahnärztlichen Institut der Universität München (Vorstand Prof. Dr. P. P. Kranz)

Die Einwirkung des Lichtes

(Wärme, sichtbares Licht und ultraviolettes Licht)

auf Bakterien

mit besonderer Rücksicht der Bakterienflora der Mundhöhle

Ein kritisches Referat über das einschlägige experimentelle Schrifttum)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der Doktorwürde der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Theodor Staib

Zahnarzt aus München

1937

Aus dem Strahlen-Institut (Prof. Dr. F. Voltz) der Universitäts-Frauenklinik München (Vorstand Prof. Dr. H. Eymer) und dem zahnärztlichen Institut der Universität München (Vorstand Prof. Dr. P. P. Kranz)

Die Einwirkung des Lichtes

(Wärme, sichtbares Licht und ultraviolettes Licht)

auf Bakterien

mit besonderer Rücksicht der Bakterienflora der Mundhöhle

Ein kritisches Referat über das einschlägige experimentelle Schrifttum)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der Doktorwürde der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Theodor Staib

Zahnarzt aus München

1937

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent: Prof. Dr. P.P. Kranz.
Derz. Dekan: Prof. Dr. P. Broemser

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1937

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548304_0055

Disposition.

ZUR EINFÜHRUNG.

I. Hauptteil.

1. Die Strahlung und ihre Gesetze.
2. Die Abhängigkeit der Lichtwirkung von der Wellenlänge.
3. Der Einfluß des Abstandes der Lichtquelle und ihre Richtung.
4. Der Einfluß des Mediums.
5. Der Einfluß des Lichtes auf den Nährboden.
6. Der Einfluß des Nährbodens auf die Lichtwirkung.
7. Der Einfluß der Dichte der Aufschwemmung.
8. Der Einfluß des Alters der Kultur.
9. Der Einfluß des Sauerstoffs.
10. Der Einfluß der Temperatur.
11. Absorption.
12. Die photochemische Reaktion.
13. Der photobiologische Wirkungsmechanismus.
14. Strahlenbiologische Gesetze.
15. Die Wirkung des Lichtes auf Taxine, Antitoxine, Agglutinine usw.
16. Morphologische Beobachtungen und feinere Veränderungen der Bakterien und ihrer Lebensäußerungen.
17. Der Einfluß durch Unterbrechung der Strahlen.
18. Der Einfluß der Bakterien selbst.
19. Die Resistenz der Bakteriophagen gegen Licht.
20. Mitogenese.
21. Die diagnostische Verwendbarkeit der Lichtwirkung.
22. Die bakterizide Wirkung des Lichtes in der Umwelt.

II. Hauptteil.

1. Die Bakterienflora der Mundhöhle.
2. Die einzelnen Bakterien und ihre Beeinflussung durch das Licht.
3. Desinfektionsversuche der Mundhöhle mit ultraviolettem Licht.

Zusammenfassung.

ZUR EINFÜHRUNG.

Die Forschung und die Literatur über die biologischen Vorgänge bei der Einwirkung des Lichtes auf pflanzliche und tierische Gewebe nimmt täglich zu, und genau wie der Arzt, so weiß heute auch der Zahnarzt, daß es viele Krankheitserscheinungen gibt, welche der Beeinflussung durch Medikamente kaum zugänglich sind, die wir durch physikalische Heilmittel dagegen, vor allem durch Licht und Wärme, in einer früher nie geahnten Weise beeinflussen können. Erst verhältnismäßig spät hat der Zahnarzt gelernt, daß man Wunden, Eiterungen und Entzündungen nicht nur mit Desinfektionsmitteln „heilt". Heute versucht er gleichzeitig, das kranke Gewebe durch Licht und Wärme zu heilen. Neben einer großen Beeinflussung der Zelle und des Stoffwechsels im erkrankten Gewebe und seiner Umgebung kommt insbsondere die Tatsache in Betracht, daß alle Bakterienarten durch Bestrahlungen erheblich geschädigt werden. Im folgenden ist es meine Aufgabe, einen Ueberblick über die bisherigen Forschungsergebnisse zu geben und die therapeutischen Erfolgsaussichten in der zahnärztlichen Praxis, fußend auf der Bakterizidie des Lichtes, zu erörtern.

Das Licht gehört zu den Reizen physikalischer Natur, denen die überwiegende Anzahl der Organismen durch einen sehr großen Teil ihres Lebens hindurch ausgesetzt sind. Es ist demnach die Frage zu beantworten, inwieweit dieser konstante Reiz auf die unter physiologischen Bedingungen sich abspielenden Vorgänge in den Lebewesen einwirkt. Fast alle Reize physikalischer und chemischer Natur, die unter physiologischen Bedingungen bei dem ungestörten Ablauf der Lebensfunktionen mitwirken, vermögen in gewissen Fällen Schädigungen im Ablauf derselben Lebensvorgänge herbeizuführen, die sonst unter ihrem Einfluß ihren ungestörten Fortgang nehmen. Dies kann hauptsächlich unter zweierlei Voraussetzungen eintreten. Im ersten Fall kann sich ein Reiz qualitativ und quantitativ derart verändern, daß er nunmehr über das Maß des Zhysiologischen hinausgeht. Der zweite Fall ist dann gegeben, wenn ein Reiz, der an sich nach seiner Qualität und Quantität innerhalb physiologischer Grenzen liegt, auf Lebewesen einwirkt, die sich ihm gegenüber empfindlicher verhalten, als dies gewöhnlich der Fall ist. Eine derart gesteigerte Empfindlichkeit kann in der Art des betreffenden Lebewesens begründet sein. Das hier von Reizen Gesagte gilt uneingeschränkt auch für biologische Lichtwirkungen.

I. HAUPTTEIL.

1. Die Strahlen und ihre Gesetze: Bevor ich näher auf das Thema eingehe, will ich kurz das Wichtigste über die Strahlung und ihre Gesetze zusammenfassen. Strahlung im allgemeinen heißt die grundlinige Ausbreitung der Energie eines Körpers in Gestalt von Strahlen, die im Gegensatz zur „Leitung", bei der die Mitwirkung eines materiellen Mediums erforderlich ist, auch den luftleeren Raum durchdringen. Die Strahlung, welche hier betrachtet werden soll, umfaßt die seit langem bekannte Energiestrahlung, welche von den verschiedenen Strahlungskörpern, insbesondere der Sonne, der Umgebung in Gestalt von Wellen zugestrahlt wird. Im ganzen umfassen die „Lichtstrahlen" ein Wellengebiet, das Strahlen der Wellenlänge von 100 bis 1000 $\mu\mu$ begreift: Die Wellenlängen von 100 bis ungefähr 400 $\mu\mu$ umfassen die ultravioletten Strahlen, die Wellenlängen von 400 bis 800 $\mu\mu$ die sichtbare Strahlung, die also vom menschlichen Auge als Licht empfunden wird, die Länge von 800 bis 1000 $\mu\mu$ bilden die ultraroten Strahlen, während darüber hinaus bis zu einer Wellenlänge von ungefähr $^1/_3$ mm die Wellen der Wärmestrahlen reichen. Weit unterhalb der Wellenlänge der Lichtstrahlen liegen die Röntgenstrahlen, oberhalb der Wärmestrahlen bis zur Wellenlänge von Kilometern die elektrischen Wellen. Wir begrenzen uns bei unserer Betrachtung auf die Strahlen mit einer Wellenlänge von 100 bis $^1/_3$ mm, also die Lichtstrahlen in weiterem Sinne.

2. Die Abhängigkeit der Lichtwirkung von der Wellenlänge. Die Einwirkung des Lichtes auf Bakterien ist von einer ganzen Reihe von physikalischen Faktoren abhängig. Unter diesen stellt die Abhängigkeit der Bakterizidie von der Wellenlänge einen der interessantesten dar. Nach *Bang*, dem wir damit ein ganz wichtiges Ergebnis verdanken, enthält der kurzwellige Teil des Kohlenbogenspektrums zwei Maxima der bakteriziden Wirkung, das „innere Maximum" in der Gegend zwischen $\lambda = 3600$ bis 340 $\mu\mu$, das zweite „äußere Maximum" zwischen $\lambda = 300$ bis 200 $\mu\mu$. Nach *Thiele* und *Wolf* (1906) liegt das Optimum zwischen 265 bis 300 $\mu\mu$. Das sichtbare Licht ist bei ihrer Versuchsanordnung unwirksam. Die Wirkungen erwiesen sich als unabhängig von der Sauerstoffgegenwart, H_2O_2 wird dabei nicht, HNO_2 bei Gegenwart von N-Verbindungen gebildet. Bei höheren Temperaturen bis zu 40 Grad C. ergibt das Gesamtlicht etwas raschere Abtötung und auch beim Gasfilterlicht tritt bei 31 Grad C. eine solche in geringerem Maße auf, indem die Keimzahl auf $^1/_{10}$ zurückgeht. Diese Wirkung des sichtbaren Lichts, welche auch ohne H_2O_2 oder HNO_2-Bildung verläuft, bleibt aber bei O_2-Ausschluß durch den H_2-Strom aus. *Geisler* stellt eine gewisse Nährbodenschädigung durch Licht für Gelatine fest. Zu einem ähnlichen Ergebnis wie *Thiele* und *Wolf* kommt *Hertel*. Er konnte zeigen, daß die Wirkung ein und derselben Spektrallinie direkt unabhängig ist von der thermoelektrisch gefundenen Gesamtintensität dieser Linie. Mit Zunahme der letzteren steigert sich der physiologische Effekt. Mit der Gesamtintensität der betreffenden Linie verkürzt sich die Zeit, die notwendig ist, um die Organismen abzutöten. Die Abtötung der Organismen erfolgt in immer längerer Zeit, je größer die Wellenlängen der Bezirke werden und zwar machen sich hierbei Differenzen von ca. 50$\mu\mu$ schon merklich fühlbar. *Zassow* (1923) findet die Strahlen von 300 bis 250 $\mu\mu$ am

stärksten bakterizid. Sehr aufschlußreich sind die Versuchsergebnisse *Karl Sonnes* (1928) mit dem Quarzspektrographen. Er fand für Bakterium Coli ein Abtötungsmaximum von 100% bei der Wellenlänge 265 $\mu\mu$ und ein weiteres Optimum von 90% bei 253 $\mu\mu$. *Liechti* macht analoge Versuche an Pyoceanuskulturen und findet als Ergebnis ein Maximum der Wirkung bei 270 $\mu\mu$. Die genaue Untersuchung der bakteriziden Wirkung einzelner Wellenlängen stößt auf technische Schwierigkeiten. Durch Vorschalten von Filtern erhält man zwar genügend intensives, aber kein monochromatisches Licht; gewinnt man andererseits monochromatisches Licht durch Quarzprismen, so nimmt die Lichtintensität so stark ab, daß bei verschiedenen Versuchen überhaupt kein Effekt mehr zu beobachten war.

3. Der Einfuß des Abstandes der Lichtquelle und ihre Richtung. Für die Entfernung der Lichtquelle vom Objekt gilt das Gesetz der umgekehrten Quadrate. Für den einfachsten Fall einer, von einer punktförmigen Lichtquelle beleuchteten Fläche ist die Beleuchtungsstärke proportional der spezifischen Intensität der Lichtquelle, umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung und proportional dem Cosinus des Winkels, den die Normale zur Fläche mit der Richtung der Lichtstrahlen bildet. Vielleicht kann unter Umständen auch der Polarisationszustand des Lichtes von Bedeutung sein.

4. Der Einfluß des Mediums.

a) Direkte Beeinflussung der Strahlen durch das Medium: Unter natürlichen Verhältnissen spielt bei der direkten Beeinflussung der Strahlen das Verhalten der Atmosphäre eine entscheidende Rolle: 1. Die selektive Absorption und 2. die Extinktion, worunter die Wirkung der Reflexion, Brechung und Beugung zusammengefaßt wird. Als direkter Einfluß des Mediums bei Bestrahlungseffekten ist es auch zu bezeichnen, wenn sich auf der Oberfläche der Objekte irgendwelche Fremdkörper befinden, die den Strahlengang beeinflussen, wie z. B. Staub, Lichtschutzmittel usw.

b) Wie schon erwähnt, können, abgesehen von den Faktoren, welche die Strahlen zwischen Lichtquelle und Objekt beeinflussen, noch andere Einflüsse seitens des Mediums in Betracht kommen. So wird in einigen Fällen durch Steigerung der Temperatur des Mediums Reaktionsbeschleunigung bei lichtbiologischen Prozessen verursacht. Durch Wärme kann Pigmentbildung im Licht hervorgerufen werden. Als Wirkung des Mediums ist es ferner zu bezeichnen, wenn eine Lichtreaktion an die Anwesenheit von Sauerstoff im Medium gebunden ist. Mit steigender Wasserstoffionenkonzentration des Mediums steigt nach *Bayne-Jones* und *van der Lingen* (1923) die bakterizide Fähigkeit der ultravioletten Strahlen.

5. Der Einfluß des Lichtes auf den Nährboden. Durch Versuche wurde bestätigt, daß Vorbestrahlung der Agarplatten durch Sonnenlicht oder durch ultraviolette Strahlen das Wachstum für eine nachherige Impfung mit Bakterien nicht beeinflußt.

6. Der Einfluß des Nährbodens auf die Lichtwirkung. Durch Tannin z. B. wird die tödliche Wirkung des ultravioletten Lichtes herabgesetzt und man nimmt an, daß dadurch die Bakterienoberfläche eine kolloidchemische Veränderung erfährt. Die Geschwindigkeit der Abtötung hängt von der Dichte der Suspension ab, auch wenn keine sichtbare Trübung besteht.

7. Der Einfluß der Dichte der Aufschwemmung. Gründe für die größere Widerstandsfähigkeit dichterer Aufschwemmung können sein: 1. Abgabe von Schutzstoffen. 2. Bei chemischen Mitteln die Verringerung der auf das einzelne Bakterium entfallenden Menge. 3. Bei der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht die Absorption der Strahlen in der durch Bakterien getrübten Aufschwemmung. Bei sämtlichen Versuchen zeigte sich in sehr deutlicher Weise die Abhängigkeit der Abtötungsdauer von der Ausgangsmenge. Die Aufschwemmungsdichten sind in geometrischer Reihe abgestuft, die Bestrahlungszeiten wurden in arithmetischer Reihe verlängert.

8. Der Einfluß des Alters der Kultur. Von wesentlicher Bedeutung ist die Feststellung von *Bang,* daß junge Keime weniger strahlenresistent sind als ältere.

9. Der Einfluß des Sauerstoffs. Ebenso wie *Thiele* und *Wolf* fand *Wiesner,* daß die Gegenwart von Sauerstoff primär die Teilung der Keime begünstige, so daß durchschnittlich jüngere und noch minderresistente Keime vorliegen. *Bie* (1905) konnte nachweisen, daß die bakterizide Wirkung des Lichtes umso unabhängiger von Sauerstoff ist, je mehr chemisch wirksame Strahlen das Licht enthält. Da es möglich war, die Keime ohne jede Spur von Sauerstoff zu töten, durfte er einen Oxydationsprozeß ablehnen.

10. Der Einfluß der Temperatur. Die Erklärung für die Wirkung der Temperatur liegt im folgenden: Wie bei allen anderen Lebewesen, so ist auch bei den pathogenen Bakterien der Lebensprozeß verursacht durch einen beständig vor sich gehenden chemischen Spaltungsprozeß des lebenden Plasma, durch den das hochkomplizierte, äußerst labile Molekül, unter Sättigung starker Affinitäten und Freiwerden von Energie in einfachere, fester gebundene Teilstücke zerfällt. Dieser Selbstzersetzungsprozeß, auch als intramolekulare Atmung bezeichnet, weil als sein Endprodukt ausnahmslos CO_2 auftritt, ist in der Labilität des lebenden Plasma selbst begründet und geht scheinbar spontan vor sich. In Wirklichkeit ist er bedingt durch die Wärmeschwingungen, die aus dem umgebenden Medium sich dem lebenden Molekül mitteilen und oberhalb eines bestimmten Temperaturgrades eine solche Intensität annehmen, daß die chemischen Bindungen nicht mehr ausreichen und das Molekül zerfällt. Die Intensität des Regenerationsprozesses wird mit zunehmender Temperatur segteigert. Offenbar kann derselbe aber von einem bestimmten Temperaturgrad ab nicht mehr mit der Zersetzung gleichen Schritt halten; daher werden oberhalb dieses Temperaturgrades, der das Optimum darstellt, die Bedingungen für das Leben wieder ungünstiger und bald tritt durch völliges Ueberhandnehmen des Selbstzersetzungsprozesses völlige Zerstörung ein. Bei ungünstiger, bzw. den betreffenden Mikroben ungewohnter Ernährung sind die Grenzwerte enger gesteckt. Temperatur kann — in der Natur ist dies die Regel — durch die Lichtquelle selbst entstehen. Bei höherer Temperatur wird nicht nur die bakterizide Wirkung der kurzwelligen Strahlen gesteigert, sondern es zeigen sich auch längerwellige Spektralbezirke bakterizid, die es sonst nicht sind. Durch Versuche, die durch Vorschalten von Glasplatten über den auf Glas getrockneten Milzbrandsporen eine Erwärmung vermeiden, bestätigt *Kruse* den nicht entscheidenden Einfluß der Wärme, stellt aber doch die die Abtötung begünstigende Mitwirkung fest.

11. Absorption. Nur jene Strahlen können ihre Wirksamkeit entfalten, die von den betreffenden Geweben absorbiert werden. Die physiologische Wirkung ist nach *Hertel* nur deshalb eine Funktion der Wellenlänge, da sie zunächst in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis von der in den einzelnen Spektralbezirken sehr variierenden Gesamtintensität steht und da die Absorption der Lichtstrahlen durch die Organismen in den kurzwelligen und sichtbaren Spektralgebieten umgekehrt proportional der Wellenlänge ist. Deshalb wirken die kurzwelligen Strahlenbezirke, wie z. B. die von *Hertel* studierte Magnesiumlinie von 280 $\mu\mu$, die fast überall gleich stark absorbiert werden, auf alle Organismen gleich. Die Organismen können auch längerwellige Strahlen verwerten, wenn dafür gesorgt ist, daß diese Strahlenarten zur Absorption gelangen. Das geschieht in erster Linie durch Mitwirkung der Pigmente.

12. Die photochemische Reaktion. Rein chemische Möglichkeiten sind Isomerenumwandlung, Anlagerung, Polymerisation und Umsetzung. Alle diese Vorgänge sind in der photochemischen Forschung festgestellt und vorgeschrieben worden, besonders von *Eggert.* An sie können sich auch noch weitere Tertiärreaktionen anschließen, indem die Reaktionsprodukte voneinander oder mit anderen Molekülen weiterreagieren. An Bakterien sind derartige Erscheinungen nicht bewiesen worden.

13. Der photobiologische Wirkungsmechanismus. Allgemein anerkannt wird seit langem, so besonders von *Bordier, Schanz* und *Pincussen,* die Bedeutung der Denaturierung des Eiweißes und die Veränderung der Lipoide bzw. der Lipoideiweißverbindungen für die biologische Strahlenwirkung. Stark umstritten sind noch die Vorgänge, die sich zwischen der Strahlenabsorption und der biologischen Wirkung abspielen.

Eine Anschauung über den Mechanismus der biologischen Strahlenwirkung gründet sich auf die zum Teil kolloide Struktur biologischen Materials. Ihre Vertreter sind *Pincussen* und *Fernau.* Man nimmt an, daß der Einfluß einer Strahlung auf kolloide Dispersionen in einer direkten Beeinflussung des physikalisch-chemischen Zustandes durch Veränderung der Teilchenladungen bestehen kann. Da kolloide Dispersionen im Leben der Zelle eine ausschlaggebende Rolle spielen, liegt es nahe, einen analogen Vorgang überhaupt als einen der Grundprozesse des strahlenbiologischen Geschehens in der Zelle anzunehmen. Zwar wird diese Auffassung von einzelnen Autoren abgelehnt, so von *Dessauer* und *Rajewsky,* doch haben andererseits verschiedene Forscher auf die Möglichkeit von Ladungsänderungen und die damit verbundenen Störungen des inneren Gleichgewichts wiederholt hingewiesen, darunter *Bordier, Karczag, Lieber, Pincussen* und *Fernau.*

14. Strahlenbiologische Gesetze. Nach dem Gesetz von *Lambert* ist die Lichtwirkung abhängig vom Einfallswinkel. Bei der Bestrahlung erfahren die Mikroorganismen durch die Bestrahlung sofort einen Bewegungsreiz, der sich, wenn der Strahlenkegel enger als der Tropfendurchmesser — beim Versuch mit dem hängenden Tropfen — ist, als Flucht aus dem Strahlenbereich kundgibt; bei fortgesetzter Bestrahlung tritt nach Sekunden Verlangsamung und bald Stillstand und Abtötung ein. Es ergibt sich bei jeder Wellenlänge eine einfache direkte Abhängigkeit, d. h. hier: Verkehrte Proportionalität der Wir-

kungsdauer und der Intensität. Diese Feststellung bedeutet nichts anderes als die Gültigkeit des Bunsen-Ruscoeschen Gesetzes auch für die physiologischen Wirkungen. Das Bunsen-Ruscoesche Gesetz für die bakterizide Lichtwirkung ist in völlige Analogie zu setzen mit der allgemeinen Resistenzgleichung: $T + P^n = R$, wobei P die Intensität bedeutet und nur im besonderen Falle der Lichtwirkung immer gleich 1 sein soll. Das Arndt-Schulz'sche Gesetz, welches behauptet, daß die Zellteilung durch kleine Strahlendosen beschleunigt würde, ist bis jetzt für Bakterien noch nicht bewiesen worden. Dagegen ist es wahrscheinlich, daß das Gesetz von Bergonié-Tribondeau von der Abnahme der Schädigungswirkung mit fortschreitender Entwicklung auch im genaueren auf Bakterien übertragen werden kann. Sämtliche Versuche weisen ausdrücklich darauf hin, daß die Bakterizidie von der Lichtenergie abhängig ist. *Ehrismann* hat darauf hingewiesen, daß Empfindlichkeitsunterschiede bezüglich der Bakterizidie am deutlichsten bei relativ geringer Stärke der ultravioletten Belichtung (geringe Wattzahl) in Erscheinung treten; bei stärkerer Strahlenwirkung verwischen sich die Unterschiede infolge der sehr kurzen Abtötungszeiten.

Zwischen dem Beginn der Belichtung und dem nach außen hin sichtbaren Eintritt der photobiologischen Reaktion verstreicht in der Regel eine Latenzzeit, die jedoch mit der „photochemischen Induktion" photochemischer Prozesse nicht ohne weiteres in Parallele zu setzen ist. Diese Latenzzeit ist umso kürzer, je intensiver die Belichtung ist.

16. Die Wirkung des Lichtes auf Toxine, Antitoxine, Agglutinine usw. *Hartoch, Schürmann* und *Stiner* konnten beweisen, daß das Diphterietoxin durch ultraviolettes Licht abgeschwächt wird, und zwar tritt sowohl eine Schädigung der toxophoren als auch der haptophoren Gruppe ein. *Heuer* (1922) fand an Antikörpern in vitro, daß Agglutinine, Bakteriolysine, hämolytische Ambozeptoren durch ultraviolettes Licht nur in verdünnter Lösung beeinflußt werden. *Friedberger* und *Scimone* fanden 1923, daß bei Bestrahlung von hämolytischem Serum der Ambozeptor und das Komplement zerstört wird, besonders in verdünnter Lösung. Es sind ziemlich lichtfeste Toxine bekannt geworden. Besonders ist darauf hinzuweisen, daß die Stoffwechselprodukte des Tuberkulosebazillus gegen Licht sehr widerstandsfähig sind (*Iansen*). Fermente sind weniger strahlenempfindlich.

17. Morphologische Beobachtungen und feinere Veränderungen der Bakterien und ihrer Lebensäußerungen. Interessante Ergebnisse mit ultravioletten Bestrahlungen von Staphylokokkus aureus, Pyocyaneus und Milzbrand erhielt *Bisceglie* (1927). Nachdem er sieben Generationen dieser Bakterien mit einer gewissen Strahlenmenge behandelt hatte, verloren sie allmählich gewisse charakterisierende Eigenschaften, wie die Eigenschaft, Gelatine zu verflüssigen und die Milch zur Gerinnung zu bringen. Staphylokokken produzierten weniger Hämolysine, Staphylokokkus und Pyocyaneus weniger Pigment. Die morphologischen Veränderungen waren gering. Staphylokokken und Milzbrand wurden allmählich gramnegativ. Die Virolenz der Bakterien wurde wesentlich herabgesetzt. Die Agglutinierbarkeit war herabgesetzt. *Schreiber* hat in seinen strahlenbiologischen Untersuchungen, besonders im ultravioletten Spektralbezirk an Saccharomyces turbidans Hansen Beobachtungen gemacht, die im all-

gemeinen auch auf Bakterien übertragen werden können. Wird hierfür mit steigenden Dosen bestrahlt, so äußert sich die Strahlenwirkung zunächst in einer Verlängerung der Generationsdauer. Der bestrahlte Teil einer Kultur wächst nicht mehr und nach einer von der applizierten Dosis und Strahlungsintensität abhängenden Zeit wird der Erfolg makroskopisch sichtbar. Bei gleichmäßigen mittleren Strahlendosen dagegen zeigten die Zellen ein ungewöhnliches Wachstum, wobei die Fähigkeit der Zellteilung beinahe ganz verloren zu gehen schien. Daneben wurde eine Veränderung des Zellinhaltes beobachtet. Das Plasma wurde trübe und körnig. Ebenso traten Mißbildungen auf. Die Tochterzellen schnürten sich nur unvollkommen oder garnicht voneinander ab, es kam zu Teilauflösungen der Zellmembran, so daß beispielsweise sich zwei Zellen zu einer mißgestalteten Zelle vereinigten. Ferner wurde eine auch von anderer Seite aus beobachtete Plasmolyse gefunden. Bei sehr hohen Strahlendosen wurde im Gegensatz zu dem bei Mitteldosen gefundenen Riesenwachstum oft eine Schrumpfung der Zellen gefunden. Auch eine Verschleimung der Zellwände trat auf. Abschließend konnte der Verfasser die Bestätigung früherer Versuchsergebnisse finden: Allgemein kann aus den angeführten morphologischen Beobachtungen geschlossen werden, daß als Angriffspunkt der Strahlung auch das Protoklasma der Zelle anzusehen ist, dessen Eiweißstoffe und Lipoide unter der Einwirkung von Strahlen zerfallen.

18. Der Einfluß durch Unterbrechung der Strahlen. Von Interesse ist die Beobachtung von *Busck*, daß eine nicht tötende Belichtung Bakterien widerstandsfähiger gegenüber einer folgenden macht und daß bei wiederholten Belichtungen eine Addition der Lichtwirkung stattfand; jedoch bei entsprechend gewählter Vorbelichtung können sie einen geringfügigen Gewöhnungsgrad aufweisen.

19. Der Einfluß der Bakterien selbst. Bie stellt fest, daß die Widerstandskraft einzelner Individuen einer Bakterienkolonie gegenüber den tötenden Strahlen verschieden groß ist. Die exponierten Tropfen, meist vier gleichartige in einer Kammer, werden sowohl als ganzes bebrütet, als auch zum Teil auf neue Bouillon überimpft. Festgestellt wird das Ausbleiben und die Verzögerung des Wachstums. Es ergibt sich unter diesen Umständen eine Abtötung nach 1—5 Minuten, und zwar mit dem Alter bis zu 12 Stunden der Kultur steigend. Aus dem häufigen Vorkommen von ungleichem Ausfall gleichbehandelter Proben nahe der Abtötungsgrenze wird auf starke Resistenzunterschiede der Individuen und allmähliches Absinken der Keimzahlen geschlossen.

20. Die Resistenz der Bakteriophagen gegen Licht. Diese wird durch ultraviolettes Licht in verschiedener Konzentration völlig zerstört, woraus *Fisher* und *Kinley* (1927) auf die Virusnatur der Bakteriophagen schließen. Der Bakteriophage ist sehr lichtempfindlich. Wellenlängen, welche die Bakterien nicht abtöten, vermögen auch den Bakteriophagen nicht abzutöten.

21. Mitogenese. Die Forschungsergebnisse sind noch sehr spärlich und unzureichend. Sichtbares Licht und ultraviolettes Licht hat in seiner Gesamtheit, soweit sich das bis jetzt sagen läßt, keinen Einfluß auf die Mitogenese. Die abiotische Pomponente der Gesamtstrahlung überwiegt eine vielleicht vorhandene mitogenetische Komponente einzelner Wellenlängen bei weitem. Eben-

falls ist die Frage ungelöst, ob nach einem teilweise schädigenden Lichteinfluß die einsetzenden Regenerationsvorgänge die normale Teilungsgeschwindigkeit zu beschleunigen vermögen oder nicht. *Baron* und *Sewertzowa* glauben in ihren Versuchen mit Bakterien nur einen stimulierenden Faktor im Sinne mitogenetischer Strahlen nachweisen zu können.

22. Die diagnostische Verwendbarkeit der Lichtwirkung. Im Wood'schen Licht, das einem Teil des ultravioletten Spektrum von 370—270 $\mu\mu$ angehört, zeigen die Bakterien eine verschiedene Lumineszenz, welche für eine rasch orientierende Differentialdiagnose verwendbar sein soll.

23. Die bakterizide Wirkung des Lichtes in der Umwelt. Die hygienische Wirkung des Lichtes beschränkt sich im wesentlichen auf die Oberfläche. So hat *von Esmarch* nachgewiesen, daß Bakterien an der Oberfläche von Bettüberzügen und anderen Wäschestücken schnell zu Grunde gehen, wenn die Stoffe dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Besonders desinfizierende Kraft hat man dem Licht für die Selbstreinigung der Flüsse zugeschrieben.. Die Wirkung geht bis zu einer Tiefe von 1,6—2 m. Versuche zur Sterilisierung des Trinkwassers haben allein für die Oekonomie einigermaßen Brauchbarkeit, doch sind sie der Sterilisierung durch Ozon praktisch unterlegen. Verschiedene Forscher experimentierten mit Licht auf der infizierten Haut. Die oberflächlich gelegenen Keime wurden abgetötet. Tiefer gelegene Keime blieben am Lben. *Schulz* (1927) erzielte bei ultravioletten Bestrahlungen der Milch keine wesentliche Beeinflussung der Milchbakterien, da die Strahlen an der Oberfläche aufgehalten werden. Versuchsergebnisse, menschliche infizierte Wunden durch ultraviolette Strahlen bakterienarm oder bakterienfrei zu machen, fielen selbst mit sehr hohen Strahlenmengen nicht positiv aus. Für eine einigermaßen erfolgreiche Keimverminderung müßten Straulendosen angewandt werden, die oberflächliche Gewebeschädigungen zur Folge hätten. Die Versuche in vitro haben überhaupt nur begrenzten Wert, weil es sich gezeigt hat, wie wir später noch bei Bestrahlungsversuchen in der Mundhöhle sehen werden, daß Bakterien auf Agarplatten hundertmal besser abzutöten sind als auf einer Wunde, die selbst oder deren Umgebung auf die erforderliche Strahlenmenge mit Entzündungserscheinungen antworten würde.

1. Die Bakterienflora der Mundhöhle. Im Vordergrund des Interesses für den Zahnarzt steht nunmehr die Frage der praktischen Verwendbarkeit des Lichtes und seiner Einwirkung auf Bakterien, insbesondere auf die Bakterienflora der Mundhöhle.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß in der menschlichen Mundhöhle ständig eine Bakterienmenge angetroffen werden kann, sowie daß ein Teil derselben in ätiologischer Beziehung zu gewissen Erkrankungen des Organismus gesetzt werden muß, mithin als pathogen anzusehen ist. Eben mit Rücksicht auf diese Eigenschaft der Bakterien ist ein wichtiger Zweig der einschlägigen Forschung geworden, festzustellen, unter welchen Bedingungen sich überhaupt pathogene Keime vorzufinden pflegen und wie sie durch Licht zu beeinflussen sind.

Daß in der Mundhöhle überhaupt unter physiologischen Verhältnissen Mikroorganismen die zu ihrem Leben und weiteren Fortkommen nötigen Bedingungen finden, ist bei kurzer Betrachtung selbstverständlich. Sehen wir von jenen Keimen ab, welche die Eintrocknung überdauern können und daher

an ein feuchtes Medium nicht gebunden sind, ist dieses Haupterfordernis für ein gutes Gedeihen der verschiedensten unter ihnen im Mund für gewöhnlich reichlich erfüllt. Die nächste wichtigste Lebensbedingung der meisten Mikroorganismen ist das Vorhandensein eines höheren Temperaturgrades, ist insofern in der Mundhöhle erfüllt, als deren Temperatur ein ungefähres Optimum für die wichtigsten unter ihnen darstellt. Als Nährmaterial dienen unter physiologischen Verhältnissen hauptsächlich drei Gruppen von Stoffen:

1. die Sekrete der Mundhöhle aus den Schleim- und Speicheldrüsen,
2. die dem Abbau unterworfenen zelligen Elemente daselbst,
3. die Ueberreste der als Nahrung aufgenommenen Stoffe.

Dazu kommen unter pathologischen Verhältnissen:

4. zerfallendes Zahngewebe,
5. durch besondere Umstände geschädigte oder zur Keimansiedlung begünstigte Stellen der Weichteile des Mundes.

Die Frage, welchen Bakterien überhaupt die Möglichkeit des Eindringens in die Mundhöhle gegeben ist, läßt sich dahingehend beantworten, daß es keine Ausnahmen gibt und daß insbesondere alle jene Mikroorganismen, welche in der Luft vorkommen, eigentlich notwendigerweise ihren Eingang auch in der Nase und in den Mund finden müssen. Von wesentlicher Bedeutung für die Art der Bakterienflora im Mund sind ferner zwei Momente. Das eine ist durch etwaige Erkrankungen parasitärer Natur gegeben, die an anderen Körperzellen lokalisiert sind, da ihre Erreger leicht in die Mundhöhle verschleppt werden können, also Erkrankungen der Respirationsorgane, des Darmes und die Syphilis. Das zweite Moment wird durch infektiöse Erkrankungen von Personen der Umgebung gebildet.

Die Arten der Mundbakterien: Den Hauptanteil an der Mundhöhlenflora bestreiten Kokken und Bazillen, daneben finden sich aber auch Vibrionen, Spirochäten, Aktinomyzeten, Lepto- und Streptotricheen sowie Hefearten, endlich noch Amöben. Bei der nun folgenden Abhandlung der einzelnen Arten und ihrer Beeinflussung durch das Licht glaube ich Bakterien von untergeordneter, nicht pathologischer Bedeutung übergehen zu können und erwähne nur Bakterien, mit denen Versuche im Sinne des Themas angestellt worden sind.

2. Die einzelnen Bakterien und ihre Beeinflussung durch das Licht. Systematische Untersuchungen von grundlegender Form stellte als erster Wiesner an. Er stellte auf Grund seiner Ergebnisse eine Absterbeordnung der Bakterien zusammen. Darnach nimmt die Resistenz der Bakterien gegen Licht in folgender Reihe ab: Pneumobazillus Friedländer, Staphylokokkus pyogenes aureus, Bakterium coli commune, Typhsbazillen, Bazillus Diphtheriae, Cholera vibrio, Streptokokkus pyogenes, Pneumokokkus. An Hand dieser Gliederung sollen die einzelnen Bakterien untersucht werden, soweit dies nciht schon in früheren Abschnitten geschehen ist, und andere Bakterien, die für den Zahnarzt besonders durch den Wert einer Frühdiagnose von größter Wichtigkeit sind — ich erwähne nur den Tuberkelbazillus —, eingehend erörtert werden.

a) Pneumobazillus Friedländer: Er gilt als der Erreger der Pneumonie. Wiesner beschreibt ihn als ungewöhnlich resistent gegen Licht, was er durch eine fast erfolglose tagelange Aussetzung am Sonnenlicht beweist. Erst eine stundenlange ultraviolette Bestrahlung vermochte ihn wesentlich zu schwächen.

b) Staphylokokkus pyogenes aureus: Der wachstumshemmende Einfluß des direkten Sonnenlichtes ist von vielen Autoren angegeben worden, so u. a. auch von Wiesner. Nach Raspe vermag auch direktes Sonnenlicht den Staphylokokkus pyogenes aureus nicht abzutöten. Nach Lübbert hatte bei Expositionen ganzer Kulturrassen keine Lichtwirkung festgestellt werden können. Andere Autoren haben freilich nach drei- bis fünfstündiger Einwirkung von direktem Sonnenlicht Abtötung feststellen können. Bie findet bei Untersuchungen an Staphylokokkus pyogenes aureus eine zwölfmal stärkere Wirkung des ultravioletten Lichtes. Zumindest beweisen die sich dauernd widersprechenden Versuchsergebnisse eine große Widerstandsfähigkeit des Bakteriums.

c) Bakterium coli commune: Auch die Empfindlichkeit dieses Bakteriums gegen Lichtstrahlen ist nicht groß, wie Versuche von Neumarck lehren. Auf Agrarplatten werden sie durch senkrecht auffallendes Sonnenlicht in 60 Minuten, durch elektrisches Bogenlicht in zwei Stunden abgetötet. Für Aufschwemmungen in Wasser genügt dazu noch nicht eine 4-stündige Einwirkung des Sonnenlichtes und eine 4 Wochen lange Einwirkung diffusen Tageslichtes.

d) Typhusbazillus: Nach Gaillards Ergebnissen wachsen Typhusbakterien nach 4stündiger Besonnung nicht mehr an. Janowsky erzielt, wie schon erwähnt, nach 6—12stündiger Sonnenbelichtung Abtötung, während diffuses Licht nur wachstumshemmend wirkt.

e) Diphtheriebazillus: Seine Abtötung wird durch Licht beschleunigt. Gehrke sah die Diphtheriebazillen in klarem Wasser in 2—8 Stunden absterben, dagegen längere Zeit lebend blieben, wenn das Wasser durch organische Substanzen gelbgefärbt war. Beide Versuche waren in direktem Sonnenlicht gemacht. Gegen Einwirkung der Temperatur ist er wenig widerstandsfähig. Jenseits von 50 Grad sterben sie, soweit sie aus Kulturen stammen, in weniger als 1 Stunde ab. Werden jedoch die in Membramen befindlichen Bakterien geprüft, so läßt sich eine gesteigerte Resistenz erweisen.

f) Cholerabazillus: Dieser kann, was sein Verhalten gegen Licht betrifft, mit Pest- und Milzbrandbazillen zusammengefaßt werden. Die Lichtresistenz gegen Sonne ist nach Dieudonnè und Otto ziemlich gering. Nach den Versuchen der deutschen Kommission waren Reinkulturen, die in ganz dünner Schicht an Deckgläschen der Sonne ausgesetzt, nach einer Stunde, in dicker Schicht nach vier Stunden abgestorben. In gut entwickelten Agrarkulturen, die der Sonne ausgesetzt wurden, waren nach 1—2stündiger Besonnung noch lebensfähige Keime vorhanden. Feinverteilte, an Deckgläschen angetrocknete Pestbazillen waren nach Abel schon nach 1 Stunde abgetötet. Bei Antrocknung an Leinwand und Baumwollstoffe dagegen waren sie noch nach 18stündiger Besonnung lebensfähig. Bei Milzbrandbazillen genügen nach den Ergebnissen Pansinis schon eine halbstündige Besonnung zur 99%igen Abtötung. Cholerabazillen dürften im allgemeinen etwas längere Belichtung benötigen.

g) Streptokokkus pyogenes: Nach Kirstein hatten Streptokokken, in feinsten Tröpfchen verspritzt, nur eine Lebensdauer von 10 Tagen bei Aufbewahrung in diffusem Tageslicht. Nach Angabe anderer Autoren verhielten sich die verschiedenen Streptokokkenstämme allerdings nicht gleichmäßig,

manche widerstanden monatelang der Austrocknung und der Lichtbeeinflussung. Wenn den schädigenden Einflüssen des Lichtes, des Sauerstoffes und der schädigenden Stoffwechselprodukte Schranken gesetzt sind, also bei Anhaften an Schleim, Eiter- und Staubteilchen, pflegt die Lebensdauer der Streptokokken erheblich länger zu sein.

h) Pneumokokkus: Er ist unter natürlichen Bedingungen im Sputum und im Blute nicht nur relativ lange haltbar, sondern besitzt auch eine nicht unbeträchtliche Resistenz gegen Fäulnis, Sonnenbelichtung und Eintrocknung. An der Luft oder im Exsiccator eingetrocknetes Pneumokokkenmaterial kann auch bei Aufbewahrung in vollem Tageslicht unter Umständen monatelang lebensfähig bleiben.

i) Meningokokkus: Die Widerstandsfähigkeit gegen sichtbares Licht, ultraviolettes Licht und Wärme sind sehr gering. Sehr gering ist sie gegen erhöhte Temperatur. Nach Dopter stirbt schon der größte Teil der Kultur bei 41 Grad ab. Nach v. Lingelsheim tötet Erhitzung bei 80 Grad in 2 Minuten, 70 Grad in 5 Minuten, 60 Grad in 10 Minuten, während 50 Grad 1 Stunde lang vertragen werden. Die Empfindlichkeit der Meningokokken gegen Belichtung ist im allgemeinen auf direktes Sonnenlicht beschränkt. Nach dessen Untersuchungsergebnissen werden 5—6 Tage Belichtung in diffusem Tageslicht ohne Schäden vertragen. Direktes Sonnenlicht tötet die Kulturen in 4—6 Stunden. Nach Bettencourt und Franca sterben sie in 2 Stunden, nach Untersuchungen von Kutscher in etwa 8 Stunden sicher ab.

k) Pilze: Das zerstreute Licht stört die Entwicklung der Pilze nur wenig. Einfluß auf die Ringbildung der Kulturen scheint es nach neueren Forschungen nicht zu haben. Im Sonnenlicht dagegen werden sie stark beschädigt. Kulturen, die der Sonne eine Stunde ausgesetzt wurden, wuchsen häufig nicht mehr weiter. Im übrigen ist die Empfindlichkeit der Pilze gegen künstliche Bestrahlung mit ultraviolettem Licht oder mit Röntgenstrahlen eine außerordentlich geringe, eine so geringe, daß von den anwendbaren, therapeutischen Dosen dieser Lichtqualitäten eine tötende Wirkung auf die Pilze nicht angenommen werden kann, und die beobachteten Heilwirkungen nach der Bestrahlung nicht durch direkte Beeinflussung der Pilze selbst, sondern auf andere Weise erklärt werden müssen. Daß indessen eine absolute Unempfindlichkeit gegen ultraviolettes Licht und Röntgenlicht, wie sie z. B. von Scholz u. a. angenommen wird, nicht besteht, daß vielmehr die Pilze genau wie andere Lebewesen auf schädigende Dosen erst mit Wachstumshemmung, die anfangs reparabel ist, bei höheren Dosen aber irreparabel wird, und auf höchste Dosen schließlich mit Absterben reagieren, hat in sehr interessanten Versuchen, die auch eine größere Empfindlichkeit der keimenden gegenüber den ruhenden Sporen ergaben, Neidhart nachgewiesen. Allerdings liegen die schädigenden Dosen für Hautpilze sehr hoch, denn erst 72 bis 216 fache Erythemdosen von Röntgenstrahlen haben eine tödliche Wirkung. Gegen Lichtwirkung sind Hefen im allgemeinen widerstandsfähig, wie auch nach der Ansicht von Buschke und Jos Lichtabschluß ohne Einfluß ist. Buchta konnte an einigen Saccharomycesarten beobachten, daß zerstreutes Tageslicht ebenso wie elektrisches Licht die Sprossungsvorgänge hemmt. Stärkere Wirkung haben die ultravioletten Strahlen, wovon schon 10 Sekunden Einwirkung genügt, um die

Sprossung aufhören zu lassen, längere Bestrahlung führt zum Tode der Zellen. Temperaturen werden bis zu 65 und 70 Grad vertragen.

l) Aktinomyces: Sonnenlicht schädigt diese nicht, was ja von vornherein anzunehmen ist, da man z. B. an Gras- oder Getreidehalmen, die dauernd der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind, fast regelmäßig verschiedene Stämme findet. Kulturen auf festen oder in flüssigen Substraten wachsen im Licht ebenso gut wie im Dunkeln. Mit anaeroben menschenpathogenen Stämmen beimpfte Kulturröhrchen, die am Tage dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt wurden, und die nachts im Brutschrank weiter kultiviert wurden, ließ sich feststellen, daß auch diese Formen nicht durch Licht geschädigt werden. Versuche mit der Quarz-Quecksilberlampe ergaben, daß auf der Oberfläche beimpfte Agrarkulturen erst nach einstündiger intensiver Bestrahlung erkennbar geschwächt wurden. Eine vollständige Abtötung konnte auch bei längerer Bestrahlung nicht erzielt werden. Etwas größer war die Empfindlichkeit von Material, das in Bouillonröhrchen kultiviert und zur Bestrahlung auf die Oberfläche einer sterilen Agrarplatte gelegt wurde. Aber auch auf diese Weise konnte keine vollständige Abtötung erzielt werden. Die Abtötungstemperaturen nicht thermophiler Aktinomyceten liegen bei 50 bis 60 Grad. Auch die Sporen werden bei dieser Temperatur in 10 bis 30 Minuten getötet. Die thermophilen Strahlenpilze, die sehr häufig vorkommen, wachsen zwischen 40 und 70 Grad.

m) Bazillus pyocyaneus: Seine Verbreitung wird gefördert durch eine nicht unbeträchtliche Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknen, Licht und Antiseptika. Am stärksten schädigten nach den Versuchen von R u o f f die violetten, weniger die blauen und am wenigsten die roten Strahlen. Selbst bei 120 stündiger Beleuchtung mit einer Lichtquelle von 600 Normalkerzen mit und ohne Farbfilter konnte er kein Absterben beobachten, während z. B. Sarcina aurantiaca und Bazillus prodigiosus nach 48 Stunden, Schweinerotlauf nach 84 Stunden getötet wurden.

n) Influenzabazillus: C a r p a n o fand in feuchtem Sputum bei Zimmertemperatur und zerstreutem Tageslicht eine Lebensfähigkeit der Influenzabazillen bis zu 12 Tagen, in eitrigem Exsudat sogar bis zu 17 Tagen. Unter der Einwirkung von direktem Sonnenlicht wurden sie in 3—4 Stunden abgetötet.

o) Tuberkulosebazillus: Die Abtötung der Tuberkulosebazillen beansprucht aus klinischen und experimentellen Gründen ein besonderes Interesse. Den Einfluß des Lichtes erkannte als einer der ersten Robert K o c h als sehr erheblich. Wenige Minuten bis höchstens einige Stunden lange Einwirkung direkten Sonnenlichtes genügten, je nach der Dicke der Schicht, in der sich die Tuberkelbazillen befanden, zu ihrer Abtötung. Kulturen der Tuberkelbazillen, die dem diffusen Tageslicht in der Nähe des Fensters ausgesetzt waren, starben in 5—7 Tagen ab. Weiterhin sind F i n s e n s Forschungen bahnbrechend. Seine Lupustherawie (1899) knüpfte zunächst an die Vorstellung einer bakteriziden Strahlenwirkung an. Die älteren Versuche, Tuberkelbazillen durch Licht abzutöten, waren ungefähr folgende: Der tuberkulöse Auswurf wurde mit Erde vermischt und noch nach monatelanger Belichtung infektiös gefunden. Finsens Plan ging dahin, das Ziel einerseits durch Strahlenkonzentration und andererseits durch qualitativ hochwirksame, also kurzwelliges und womöglich ultra-

violett haltiges Licht, zu erreichen. Aus Versuchen mit einer Methodik, die der Buchners ähnlich war, ergab sich zunächst, daß schon ein durch Glaslinsen gesammeltes Sonnenlicht die zur Abtötung erforderlichen Expositionszeiten für Bakterium prodigiosum auf Minuten herabsetzt, und später, daß das Quarzsammellinsenlicht der Bogenlampe schon nach Sekunden Bakterien tötet. Sein durchschlagender Behandlungserfolg bei Lupus machte die Frage der Lichtbakterizidie mit einem Schlage wieder aktuell. Die Rolle der Lichtwirkung auf die Keime selbst in dem Lupusheilungsvorgang ist allerdings, nachdem sie noch durch Nagelschmidts Versuche als ausschlaggebend erschienen war, schon durch Finsens Mitarbeiter Jansen, noch mehr durch Klingmüller und Halberstädter als wahrscheinlich gering erwiesen worden, was in jüngerer Zeit noch bestätigt wurde. Es folgt wieder eine lange Reihe von Forschungen, zum Teil mit Kulturaufschwemmungen, zum Teil mit Auswurf, die mit den verschiedensten Ergebnissen enden. Krusius stellte fest, daß seine Kulturaufschwemmungen ihre Pathogenität für das Kaninchenauge, in den Strahlen Berlins besonnt, in 15 Minuten, im Ballon, 5—6000 Meter höher, schon in 5 Minuten verlieren. Um auf die Versuche Klingmüllers und Halberstädters zurückzukommen, so sind ihre Ergebnisse bereits um ein beträchtliches fortgeschrittener. Sie bestrahlten mit einer Finsen-Konzentrationslampe 70 Minuten lang Lupusherde. Diese wurden entweder sofort nach der Belichtung oder später nach Ablauf der Lichtreaktion an Meerschweinchen intraperitoneal verabreicht. Ein Teil der Tiere ging an Tuberkulose ein. In anderen Versuchen wurden Herde mit experimenteller Impftuberkulose belichtet und dann iniiciert. Außerdem wurden in ein Kaninchenohr Tuberkulosebazillen subkutan eingespritzt, diese Stelle belichtet und dann ebenfalls Meerschweinchen gegeben. Alle Tiere wurden tuberkulös. Aus diesen Versuchen schlossen die Verfasser mit Recht, daß bei der Finsenbehandlung selbst verhältnismäßig oberflächlich gelegene Tuberkulosebazillen nicht abgetötet werden. Ganz ähnliche Untersuchungen hatten die Ergebnisse anderer Autoren. So kann nach Jansen das konzentrierte elektrische Licht bakterizide Wirkung bis zu einer Tiefe von 1,5 mm und schwächende Wirkung bis zu 4,0 mm Tiefe ausüben. In späteren Versuchen zeigte dieser Autor, daß sich tuberkulöses Gewebe durch Licht bis zu einer Tiefe von 0,15 mm vollkommen, bis zu einer Tiefe von 0,5 mm teilweise sterilisieren läßt. Die Krankheitsherde liegen aber bei Lupus vulgaris mindestens in einer Tiefe von 1 mm, häufig 2—3 mm unter der Oberfläche. Was nun für die tiefer penetrierenden Strahlen der Finsenlampe gilt, ist um so mehr für die etwas oberflächlicher wirkenden Strahlen der Sonne, vor allem der Quarz-Quecksilber-Dampflampe anzunehmen. Doch muß — wie dies seitens der Autoren geschehen ist — daran gedacht werden, daß durch die Belichtung immerhin eine Abschwächung der Keime erfolgen kann, und daß die in ihrer Widerstandskraft herabgesetzten Bakterien dann leichter den Abwehrmaßregeln des Organismus erliegen können, um so mehr, als durch die Bestrahlung derartige Vorgänge hervorgerufen werden. So wäre es sehr wohl denkbar, daß die im Gewebe belichteten Tuberkelbazillen, die in den Versuchen von Klingmüller und Halberstädter noch Meerschweinchentuberkulose verursachten, bei ihrem Verbleiben im belichteten Lupusherde zugrunde gegangen wären. Die Untersuchungen Sonnes, die uns lehrten, daß wir bei Bestrahlung des Körpers mit leuchtenden Wärmestrahlen großer Inten-

sität mit einer sehr erheblichen Erwärmung des Integuments zu rechnen haben, lassen es aber, wie schon erwähnt, wahrscheinlich erscheinen, daß unter gewissen Bedingungen auch die bakterizide Wirkung des Lichtes bei direkter Bestrahlung tuberkulöser Herde nicht ohne Belang ist. Bei der Belichtung mit Sonnenstrahlen, vor allem unter den Verhältnissen des Hochgebirges, ebenso wie bei der Verwendung des universellen Kohlenbogenbades nach Axel-Reyn treffen leuchtende Wärmestrahlen größter Intensität und Qualität den Körper. Es ist demnach bei diesen Bestrahlungsarten auch mit einer erheblichen Erhöhung der Hauttemperatur und der unmittelbar folgenden Gewebe zu rechnen. Die schon wiederholt hervorgehobenen Beobachtungen von Thiele und Wolf haben gezeigt, daß bei höheren Temperaturgraden längerwellige Lichtstrahlen bakterizid wirken. Der zu dieser Strahlenwirkung nötige Sauerstoff steht bei der zudem vorhandenen Steigerung der Oxydationsvorgänge durch die Bestrahlung reichlich zur Verfügung, so daß wohl eine nicht unerhebliche Wirkung der tiefer penetrierenden längerwelligen Strahlen auf die Bakterien zustande kommt. Vielleicht ist in diesem Zusammenhang auch noch darauf hinzuweisen, daß nach den Untersuchungen von verschiedenen Autoren die ultraviolette Strahlung im Hochgebirge während des Winters sehr geringfügig ist, daß aber die kurative Wirkung der Sonne in dieser Zeit gegenüber dem Sommer durchaus nicht zurückzustehen scheint. Das eben Gesagte gilt naturgemäß nur bei direkter Wirkung der Strahlen auf tuberkulöse Gewebe. Für alle Heilungsprozesse indirekter Natur ist die bakterizide Wirkung des Lichtes, die ja nach der Meinung dieser Forscher ausschließlich in direkter Wirkung auf Bakterien beruht, ohne unmittelbare Bedeutung.

Andererseits erhielt Hatrik (1927) durch Sputumbestrahlung unter einer künstlichen Höhensonne selbst nach 7stündiger Bestrahlung keine Keimvernichtung, nicht einmal eine Wachstumshemmung. Jesionek setzte Reinkulturen, die er auf dem Arm ausgestrichen hatte, während einer halben Stunde der Mittagssonne im Flachlande aus und erhielt ebenfalls völlige Bazillenvernichtung. Bang (1904) verteilte Tuberkulosebazillen auf Agrarplatten und bestrahlte sie im elektrischen Bogenlicht. Die durchschnittliche Abtötungszeit betrug 6—9 Minuten, für Staphylokokken unter den gleichen Versuchsbedingungen 3¼ Minuten. Mit anderen Worten, die Tuberkulosebazillen erwiesen sich um mehr als das Doppelte widerstandsfähiger. Friedland (1925) bestrahlte Kulturen auf Glycerinserumnährböden in Reagenzgläsern oder in Petrischalen. Die Tuberkelbazillen waren in 1 bis 1½-stündiger Besonnung auch ohne die Mitwirkung der ultravioletten Strahlen abgetötet. Die Gesamtheit der sichtbaren Strahlen wie auch einzelne Spektralabschnitte einer Bogenlampe erwiesen sich mit zeitlichen Unterschieden als bakterizid. Caldwell (1925) vermischte Tuberkelbazillen mit Staub und setzte sie dem Sonnenlicht aus. Selbst nach 72 Stunden Bestrahlung ließen sich durch den Tierversuch virulente Bazillen nachweisen. Die teilweise negativen Abtötungsresultate sind durchaus verständlich, wenn man sich die rein oberflächliche Wirkung der ultravioletten Strahlen vor Augen hält. Die Säurefestigkeit hat nichts mit der Lichtresistenz zu tun. Carvalho und Vidal kommen bei ihren Versuchen, die als die neuesten anzusprechen sind, zu keineswegs so günstigen Ergebnissen wie ihre Vorgänger. In Fortsetzung früherer Versuche wurden Tuberkelbazillen mit Sonnenlicht und elektrischem Licht bestrahlt. Das elek-

trische Licht, sei es direktes oder filtriertes, hatte keinen Einfluß auf das Wachstum der Kulturen. Das Sonnenlicht, das unfiltriert auf das Wachstum stark hemmend wirkt, verlor diese hemmende Eigenschaft, wenn es filtriert wurde. Ein Unterschied zwischen den verschiedenen angewandten Filtern bestand nicht: Durch das Filtrieren des Lichtes ging der hemmende Einfluß überhaupt verloren, so daß die Frage nach der Komponente der Sonnenstrahlen, die die hemmende Wirkung auf das Bazillenwachstum ausübt, nicht beantwortet werden kann. Der Einfluß der Temperatur scheint nicht berücksichtigt worden zu sein.

Ellinger erklärt, die frühere Annahme, daß die Heilerfolge bei Lupus vulgaris dieser Wirkung des Lichtes zuzuschreiben sind, hat sich als ein Irrtum herausgestellt.

p) Zum Schluß dieser Ausführungen will ich noch kurz die wichtigsten Ergebnisse über Belichtungsversuche von sporenbildenden und farbstoffbildenden Bakterien anführen. Als erster ist hier der Forscher Jansen zu nennen, der 1903 nach verschiedenen Vorversuchen von Arloing u. a. ausgedehnte Versuche mit sporenhaltigem Milzbrand und Subtilis anstellte und als Ergebnis seiner Untersuchungen eine 3—4mal größere Widerstandsfähigkeit der Milzbrandsporen gegenüber den vegetativen Formen fand. Potthoff konnte bei Versuchen mit einer Quecksilberlampe bestätigen, daß Sporen von Milzbrand, Subtilis und Mesentericus widerstandsfähiger sind als die vegetativen Formen. Er stellte fest, daß die zeitlichen Unterschiede aber kleiner sind als mit anderen physikalischen Desinfektionsmitteln, wie z. B. mit Wasserdampf. Während Milzbrandsporen nach 5 Minuten, Mesentericussporen nach 100 Minuten im strömenden Wasserdampf nicht getötet waren, wurden die Sporen beider Arten im ultravioletten Licht nach 7 Minuten getötet. Es ist wohl möglich, daß bei der Lichteinwirkung auf Sporen auch die Konfiguration der Sporen sowie die Lichtbrechungsverhältnisse in diesen Lebensformen von erheblichem Einfluß sind. Auch Oehlschlägel (1922) exponierte Sporen von Heu-, Milzbrand- und Kartoffelbazillen dem ultravioletten Licht und wies eine sehr rasche Vernichtung durch dieses nach. Wie in Versuchen von Thiele und Wolf war aber der Abstand sehr klein gewählt. Andere Versuche Potthoffs bezogen sich auf das Verhalten farbstoffbildender Bakterien gegen ultraviolettes Licht. Die Tatsache, daß sehr viele in der Luft vorkommende Bakterien intensiven Farbstoff bilden und daß dabei gerade die langwelligeren Farben bevorzugt werden, hat zu der Deutung geführt, daß die Farbstoffbildung unter dem Reiz des ultravioletten Lichtes vor sich gehe, und daß die Farbstoffe zugleich einen Schutz gegen ultraviolette Strahlung abgeben. Diese Frage ließ sich in einfacher Weise prüfen, daß es gelingt, gewisse Luftbakterien bei hoher Temperatur ohne Bildung von Farbstoff zu züchten. Ein Vergleich der Widerstandsfähigkeit dieser farbstofflosen Bakterien mit normalen ergab nun, daß die Resistenz der normalen Bakterien kaum größer ist, als die der farbstofffreien. Dagegen ließ sich ein Einfluß der Bestrahlung auf die Bildung des Farbstoffes sehr deutlich nachweisen. Wurden die bei 37 Grad gezüchteten Kulturen täglich 30 Sekunden lang bestrahlt, so trat Entfärbung nicht ein; es konnte also der entfärbenden Wirkung der hohen Temperatur durch den Reiz der Bestrahlung entgegengewirkt werden. Wurden weitere solche entfärbte Kulturen eine Zeit lang jeden Tag bestrahlt, so trat bei Bakterium prodigiosum

die Farbstoffbildung wieder ein, während eine gelbe Sarcine die Farbstoffbildung nicht wieder erlangte. Eine Resistenzvermehrung durch ultraviolette Bestrahlung, also eine Gewöhnung an ultraviolettes Licht konnte nicht erzielt werden.

2. Desinfektionsversuche der Mundhöhle mit ultraviolettem Licht.

Schon oft ist in zahnärztlichen Kreisen die Frage erwogen worden, ob es notwendig und überhaupt möglich ist, die Mundhöhle keimfrei zu machen. Im Munde findet man jederzeit eine ganze Flora von Mikroorganismen, deren absolute Zahl aber nach Roese sehr schwankt und unabhängig ist von den verschiedensten Faktoren wie Tageszeit, Gesundheitszustand usw. Roese hat die Mundhöhle geradezu mit einer offen daliegenden Petrischale verglichen. Die in der Mundhöhle vorhandenen Lebensbedingungen, die gleichmäßige Wärme und Feuchtigkeit sagen den Bakterien besonders zu. Der Art nach stellen den größten Anteil harmlose Saprophyten, doch finden sich auch immer pathogene Keime, ohne daß es allerdings durch deren Anwesenheit zu Erkrankungen kommen muß. Das im allgemeinen harmlose Verhalten der pathogenen Keime im Munde ist darauf zurückzuführen, daß die harmlosen Bakterien mit den pathogenen in Symbiose leben und die harmlosen Keime die Entwicklung der pathogenen Keime durch Ueberwucherung hemmen und unterdrücken. Von vielen Seiten wird behauptet, daß eine Sterilisation der ganzen Mundhöhle überhaupt ein Ding der Unmöglichkeit ist. In neuerer Zeit steht man aber auf dem Standpunkt, daß eine Sterilisation wohl möglich ist, daß aber der sterile Zustand nur ganz kurze Zeit aufrecht erhalten werden kann. Die Gründe dafür sind leicht einzusehen. Jeder Atemzug bringt wieder Keime in den Mund, vom Nasenrachenraum her wandern solche ein, in den Tiefen der Lacunen der Tonsillen sind Keime stets in reicher Zahl vorhanden.

Von den ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes wird der größte Teil von der Luft absorbiert. Auf diese Weise endigt das photographisch nachweisbare Sonnenspektrum bereits bei 300 $\mu\mu$, während in den höheren Luftschichten die Absorption bedeutend geringer ist. Auf je 900 m Erhebung über dem Erdboden wird das Sonnenspektrum im 1 $\mu\mu$ unter 300 $\mu\mu$ nachweisbar. Aus diesen Gründen kommt das Sonnenlicht praktisch zur Desinfektion nicht in Frage. Eine regelmäßige und intensive Bakterienabtötung innerhalb kurzer Zeit läßt sich also nur mit solchen Lichtquellen durchführen, die besonders reich an ultravioletten Strahlen sind. Die ultravioletten Strahlen werden zwar von den obersten Gewebeschichten absorbiert und entfalten also keine direkte Tiefenwirkung. Eine Wirkung in der Tiefe ist aber doch vorhanden, nur auf indirektem Wege. Die Art der Umsetzung der Energie der kurzwelligen Strahlen ist vorhanden, was sich in den Erfolgen der Höhensonnenbehandlung bei Rachitis zeigt.

Friedberger und Shioji gingen von dem Gedanken aus, daß die Möglichkeit einer Vernichtung der Keime in der Mundhöhle nicht nur therapeutisch, sondern auch hygienisch und prophylaktisch von allergrößter Bedeutung wäre. Bei einer Bestrahlung von außen schien ihnen von vorneherein der Effekt sehr gering zu sein, da bekanntlich die Intensität der Strahlenenergie und also auch ihre keimvernichtende Wirkung mit dem Quadrat ihrer Entfernung zunimmt. Die Lichtquelle wurde also in die Mundhöhle gebracht. Die Versuche wurden an Kaninchen angestellt. Vor Beginn des

Versuches und zu wechselnden Zeiten während der Bestrahlung wurde mit einem Wattetupfer die Mundhöhle allseitig ausgewischt und das Material auf Agarplatten verimpft. Die normale Mundhöhle des Kaninchens enthält kolossale Mengen von Bakterien, vor allem Staphylokokken, Diplokokken und plumpe Stäbchen. Die nach 10 Minuten langer Bestrahlung entnommene Probe läßt bereits auf der Agarplatte eine sehr beträchtliche Abnahme an Keimen feststellen. Nach 20 Minuten langer Bestrahlung sind nur noch wenige Keime vorhanden, nach 30 Minuten sieht man noch ganz vereinzelte Keime, oder die Platte ist völlig steril. Letzteres wird natürlich nur für kürzeste Zeit erreicht. Sie suchten weiterhin festzustellen, ob sich die Verhältnisse bei einem in reichlichen Mengen künstlich in die Mundhöhle gebrachten Keim ähnlich gestalten und ob auch hier eine dauernde Keimvernichtung durch die Bestrahlung zu erzielen ist. Zu diesem Versuche wurde das Bakterium prodigiosum gewählt, weil es normal in der Mundhöhle nicht vorkommt und leicht nachweisbar ist. Aus Kontrollversuchen ergab sich, daß sich Bakterium prodigiosum wenigstens 24 Stunden lang in der Mundhöhle beim Kaninchen nachweisen läßt. Nach einer 20 Minuten dauernden Bestrahlung wurden Prodigiosuskolonien nicht mehr nachweisbar. Es handelt sich also nicht nur um eine Entwicklungshemmung, sondern um eine Abtötung. Praktische und therapeutische Gesichtspunkte veranlaßten Friedberger, analoge Versuche mit Diphtheriebazillen anzustellen. Mittels eines in einer Dyphtheriebazillenaufschwemmung getrockneten Wattetupfers wurde das Maul infiziert. Nach 48 Stunden ließen sich ohne Bestrahlung die Bazillen deutlich nachweisen. Eine 20-minutige Bestrahlung sofort nach der Infektion ergab eine fast vollständige und eine 30-minutige Bestrahlung eine relativ spärliche Anwesenheit der Bakterien. Nach 6 Stunden war wieder eine deutliche Zunahme zu konstatieren. Die stärkere Resistenz der ultravioletten Strahlen im Vergleich zu den Prodigiosuskulturen ist dafür verantwortlich zu machen. Nach 1—2-stündiger Bestrahlung erfolgte vollständige Vernichtung der Kulturen. Es gelingt also, die Diphtheriebazillen, die in ganz großen Mengen ins Maul gebracht worden waren, durch ultraviolettes Licht zum Verschwinden zu bringen. Auch bei einer Bestrahlung von außen ohne Ansatzstück gingen nach einer Stunde Bestrahlung nur noch ganz vereinzelt Kolonien auf. Bei länger dauernder Bestrahlung tritt eine Rötung der Schleimhaut ein. Die Wärmeentwicklung (2—3 Grad) ist ohne Bedeutung. Bei Menschen läßt sich bei 10 Minuten Bestrahlung eine Temperaturerhöhung um 1 Grad feststellen. Eine deutliche Hyperämie der Schleimhaut tritt in dieser Zeit zunächst nicht ein, nur ein eigentümliches stumpfes Gefühl und Brennen macht sich am Ende der Bestrahlung auf dem Zungenrücken geltend, das in den nächsten 24 Stunden noch zunimmt und nach 2—3 Tagen von einer leichten Entzündung gefolgt ist. Falls beim Menschen eine längere Einwirkung angebracht ist, so empfiehlt sich vielleicht eine intermittierende Bestrahlung in kürzeren Intervallen, die auch im Tierversuch gute Resultate gegeben hat. Hier muß die klinische Erfahrung entscheiden.

Die Versuche Blusts zerfallen in drei Unterabteilungen und zwar in solche, die die Sterilisation der gesamten Mundhöhle zum Ziele haben, dann solche, die nur einzelne Stellen keimfrei machen sollten und endlich solche, welche die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf Erkrankungen des Zahn-

fleisches feststellen sollten. Die Versuche zur Desinfektion der ganzen Mundhöhle wurden in der Weise vorgenommen, daß die maximal geöffnete Mundhöhle aus einer bestimmten Entfernung mit dem vollen Licht der Höhensonne bestrahlt wurde. Um Lichtschädgiungen zu vermeiden, war das Gesicht abgedeckt. Vor und nach der Bestrahlung wurde die Mundhöhle genau 1 Minute lang mit steriler Kochsalzpeptonlösung (NA Cl 8,5, Pepton 10,0, aqua dest. 1000,0) ausgespült. Von jeder Spülflüssigkeit wurde dreimal ein halber Kubikzentimeter in sterile Petrischalen gegeben und jeder Schale ein Röhrchen Agar zugesetzt. Die Schalen kamen für 24 Stunden in den 37-Grad-Brutschrank und wurden dann gezählt. Die Ergebnisse zeigen die einzelnen Versuche. Bei einer Lampenentfernung von 60 cm und einer Bestrahlungsdauer von 3 Minuten wurde eine Keimzahlverminderung von 54% erzielt. Bei einer Lampenentfernung von 30 cm und einer zweimaligen Bestrahlungsdauer von 1 Minute wurde eine Keimzahlverminderung von 54% erzielt. Bei einer Lampenentfernung von 30 cm und einer zweimaligen Bestrahlung von je 1 Minute wurde nach der ersten Minute eine Verminderung um 39% und nach der zweiten Minute um 67% erzielt. Im Anschluß an einen Versuch mit einer Bestrahlungsdauer von zweimal 3 Minuten und einer Lampenentfernung von 30 cm kam es wohl zu dem Ergebnis einer Keimzahlenverminderung um 64%, aber auch zu schmerzhaften Entzündungen der Schleimhaut des harten und weichen Gaumens. Diese Versuche zeigen, daß eine Sterilisation der ganzen Mundhöhle mit kurzen Bestrahlungszeiten unmöglich ist. Wohl kann man eine Herabsetzung der Keimzahl auf die Hälfte erreichen. Die Unmöglichkeit der vollständigen Sterilisation ist durch die anatomischen Verhältnisse bedingt, denn das Licht gelangt nicht an alle Stellen der Schleimhaut und nur die direkt bestrahlten Keime werden vernichtet. Die folgenden Versuche bezwekken die Keimfreimachung von kleineren Stellen in der Mundhöhle, an welche das Licht gut hingelangen konnte. Die Anordnung der Versuche war folgende: Vor und nach der Bestrahlung wurden mit steriler Platinöse Abstriche von der betreffenden Stelle gemacht und zwar an zwei verschiedenen Punkten. Die Platinöse wurde jedesmal in einem sterilen Reagenzglas mit 3 ccm physiologischer Kochsalzlösung ausgeschüttelt. Die Kochsalzlösung kam in Petrischalen, dazu Agar. Nach 2 4Stunden Brutschrank wurden die Keime gezählt:

1. Zahnfleisch über den oberen Frontzähnen in Ausdehnung von 4 Quadratzentimeter, Entfernung der Lampe 60 cm, Dauer der Bestrahlung 3 mal 1 Minute. Dabei ergibt sich bereits nach zweimaliger Bestrahlung mit je 1 Minute eine vollständige Keimvernichtung.

2. Zahnfleisch in der Gegend der unteren Molaren, in der Ausdehnung von 3 qcm, Entfernung 60 cm, Dauer 3 mal 1 Minute. Dabei ergibt sich nach der 1. Minute eine Verminderung von 77%, nach der 2. Minute um 90% und nach der 3. Minute eine vollständige Abtötung.

3. Bestrahlung des Zungenrückens: Entfernung 30 cm, Dauer 3 Minuten, Verminderung nach 3 Minuten um 85%.

4. Durch Bestrahlung des Zahnfleisches an den unteren Frontzähnen mit besonderem Ansatz 1 Minute lang wird eine vollständige Keimtötung erzielt.

Die angeführten Versuche zeigen, daß solche Stellen der Mundschleimhaut, die unmittelbar von den ultravioletten Strahlen getroffen werden können, voll-

kommen keimfrei zu machen sind, ohne daß es nötig wäre, die Bestrahlungszeit allzu lange auszudehnen. Eine Schädigung der Schleimhaut wurde in keinem Falle beobachtet. Bei der Zunge liegen die Verhältnisse insofern besonders, als die Bakterien von Schleim umhüllt zwischen den Papillen liegen und das ultraviolette Licht absorbiert wird, ohne seine Wirksamkeit zu entfalten. Mit einem besonderen, an der Blende der Lampe zu befestigenden Quarzansatz nach Prof. Seidel-Marburg, der in der zahnärztlichen Praxis zum Bleichen verfärbter Zähne benutzt wird und der fest auf die zu sterilisierende Stelle gedrückt werden kann, ist auch hier die Abtötung der Keime durchzuführen. Nur müssen bei Verwendung des Ansatzes die Bestrahlungszeiten wegen der geringen Entfernung der Lampe und wegen der stärkeren Konzentration des Lichtes kürzer gewählt werden als bei Anwendung des vollen Lichtes. Die Untersuchungen Blusts über die besonderen Einwirkungen des ultravioletten Lichtes auf erkranktes Gewebe interessieren hier nicht.

ZUSAMMENFASSUNG.

Am Ende dieser Arbeit will ich den Inhalt im wesentlichen zusammenfassen:

1. Die bakterizide Wirkung des Lichtes ist von strahlenbiologischen Gesetzen abhängig und ist an verschiedene physikalische und in den Bakterien selbst gelegene Umstände gebunden.
2. Eine allgemeine Uebersicht über die Bakterizidie des Lichtes erklärt dies als in der Hauptsache abhängig von dem Anteil der ultravioletten Strahlung, die im Bereich bestimmter Wellenlängen ein Maximum an Wirkung erreicht und zum geringen Teil an das sichtbare Licht gebunden ist.
3. Der Einfluß der Wärme ist gering und kann nur im Sinne einer Unterstützung der Lichtwirkung gewertet werden. Wenn auch durch den Einfluß der Wärme, d. h. die über das optimale Maß für die Entwicklung hinausgehende, also höhere Temperatur wie bei anderen Einflüssen den unteren Intensitätstufen des schädigenden Agens erst bloß eine entwicklungsbehindernde oder eine hemmende Kraft zuzuschreiben ist, so wird doch offenbar durch die mit der wachsenden Temperatur unausbleibliche Beschleunigung der chemischen Stoffwechselvorgänge bei ungünstigen Entwicklungsbedingungen die Lebensdauer schon mehr als bei anderen solchen Einflüssen verkürzt, so daß es, abgesehen von Anpassungsvorgängen, kaum eine überoptimale Temperatur geben kann, der nicht eine bestimmte, wenn auch zunächst sehr lange Abtötungsdauer entspricht.
4. Die zum Keimtod führenden Vorgänge sind offenbar die des Wasserverlustes und der Oxydation, also der Trocknung und Verbrennung nicht nur in der Luft, sondern auch in der wässrigen Phase selbst.
5. Das Licht scheint die Eiweißzusammensetzung des Bakterienprotoplasmas direkt zu verändern, was zu Wachstumshemmung und Abtötung führt.
6. Die feineren Veränderungen im Mikroorganismus sind noch ziemlich unbekannt und sehr umstritten.
7. Bakterienprodukte, Toxine, Antitoxine, Fermente usw. werden unter ge-

nügend großer Lichtwirkung zerstört. Dasselbe gilt für Bakteriphagen und Sporen.

8. Unbewiesen ist, ob sich Versuche in Bakterien für das Studium einer vielleicht bestehenden mitogenetischen Strahlung eignen.
9. Die Wirkung des direkten und des zerstreuten Sonnenlichtes in unserer Umwelt läßt sich experimentell nur mit Schwierigkeiten erforschen, doch spielt jedenfalls die Bakterizidie der Sonnenstrahlung für die Hygiene eine große Rolle.
10. Die bakterizide Lichtwirkung in der Zahnheilkunde beansprucht lediglich theoretisches Interesse, da Versuche zur Erzielung einer sterilen Mundhöhle die praktische Anwendung im Sinne einer Therapie nur für allerkürzeste Zeit erfolgreich erscheinen lassen.

Zum Schlusse der Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. V o l t z für die liebenswürdige Ueberlassung des Themas und Herrn Prof. Dr. K r a n z für die Uebernahme des Referats meinen Dank auszusprechen.

Schrifttum.

Bang S.: Die Wirkungen des Lichtes auf Bakterien. Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst. Bd. 2, S. 1, 1901.

— Ueber die Wirkung des elektrischen Bogenlichtes auf Tuberkelbazillen in Reinkultur. Ebenda, Bd. 7, S. 14, 1904.

Baron M. A.: Bakterien als Quelle mitogenetischer Strahlung. Zbl. f. Bakt. II, Bd. 73, S. 373.

Bayne, Jones S. und *J. S. van der Lingen:* Zbl. f. Hyg., Bd. 7, S. 236, 1924.

Bettencourt und *Franca:* Ref. Zuschr. f. Hyg. Bd. 46.

Bie: Ueber die bakterizide Wirkung der ultravioletten Strahlen. Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst. Bd. 7, S. 63, 1904.

— Ueber die Gewöhnung der Bakterien an Licht. Ebenda, Bd. 4, S. 78.

— Ist die bakterizide Wirkung des Lichtes eine Oxydation? Ebenda, Bd. 9, S. 5, 1905.

— Ist die bakterizide Wirkung eine direkte? Ebenda, Bd. 9, S. 75.

Blust K.: Desinfektionsversuche in der Mundhöhle mit ultraviolettem Licht. Diss. Freiburg, 1922.

Bohr N.: Ueber die Quantentheorie der Linienspektren. Braunschweig 1923.

Bordier H.: Strahlentherapie, Bd. 2, S. 368, 1913.

Buchner H.: Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. Bd. 17, S. 179.

Busch: Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst., Bd. 8, S. 119, 1904.

Buschke und *A. Jos:* Aus: Pathogene Mikroorganismen von Kolle-Kraus-Uhlenhut. Bd. 5, S. 146, 325.

Caldwell M. E.: Ref. Zbl. f. Bakt. I, Bd. 82, S. 398, 1926.

Carlo G. und *J. Frank:* Zschr. f. Physik, Bd. 4, S. 46, 1921.

Carpano: Aus: Pathogene Mikroorganismen von Kolle-Kraus-Uhlenhut, Bd. 5, S. 325.

Carvalho A. d. und *C. Vidal:* Die Wirkung des Lichtes auf den Tuberkelbazillus. Ref. Zbl. f. Radiologie, Bd. 25, S. 11, 1937.

Dessauer F. und *B. Rajewsky:* Aus: Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde von Lazarus. Bd. 1, S. 249, 1928.

Eggert J.: Lehrbuch der phys. Chemie, S. 538, 1931.

Ehrismann O.: Vergleichende Versuche über einige ultraviolette Lichtquellen. Zschr. f. Hyg., Bd. 110, S. 746, 1929.

Ellinger F.: Die biologischen Grundlagen der Strahlenbehandlung. Sonderband 20, S. 138.

Fernau F.: Strahlentherapie, Bd. 19, S. 142, 1925.

Finsen N. und *G. Dreyer:* Lichtwirkung auf Pokenvakzine. Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst. Bd. 3, S. 72, 1903.

Fischer R. und *E. B. McKinley:* Die Resistenz der Bakteriophagen in verschiedener Konzentration gegen ultraviolette Strahlen. Zbl. f. Radiol. Bd. 3, S. 599, 1927.

Friedberger E. und *V. Scimone:* Zur Wirkung der ultravioletten Strahlen auf Antikörper, Antigene und auf die Komponenten der Wassermannschen Reaktion. Zschr. f. Immunitätsforschung, Orig. Bd. 37, S. 341, 1923.

— und *Shioyi:* Desinfektionsversuche der Mundhöhle mit ultravioletten Strahlen. D. m. W. S. 586, 1914.

Friedland M.: Zur Frage des Einflusses der Strahlenenergie auf das Wachstum der Tuberkelbazillen in vitro. Zbl. f. Bakt. I, Bd. 95, S. 404, 1925.

Gehrke W.: Ueber das Verhalten des Diphtheriebazillus in Wässern und auf Nährsubstraten unter dem Einfluß direkten Sonnenlichtes. Diss. Greifswald, 1896.

Gladin: Ref. Zbl. f. Bakt. I, Bd. 24, S. 1.

Hartoch, Schürmann und *Stiner:* Ueber die Einwirkung des ultravioletten Lichtes auf das Diphtherietoxin. Zschr. f. Univ.-Forsch., Bd. 21. S. 643, 1914.

Hatrik J.: Ref. Zbl. f. Bakt. I, Bd. 89, S. 114, 1928.

Hertel E.: Zschr. f. allgem. Physiol. H. 4, S. 1, 1904, H. 5., S. 95 u. 535, 1905. H. 6, S. 44, 1907.

— Ueber die physiol. Wirkung von Strahlen verschiedener Wellenlänge. Zschr. f. allgem. Physiol. Bd. 4, S. 1, 1904. Bd. 5, S. 95, 1905.

Heuer G.: Der Einfluß der ultravioletten Strahlen auf Antikörper in vitro. Zbl. f. Bakt. Bd. 88, S. 380, 1922.

Jansen H.: Ueber die Resistenz der Sporen gegen Licht. Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst. Bd. 5, S. 120, 1903.

— Ueber die Gewebesterilisation und über die Gewebereaktion bei Finsens Lichtbehandlung, Zieglers Beiträge, Bd. 41, S. 277, 1907.

— Ueber die Widerstandsfähigkeit der Sporen gegenüber dem Licht. Mitt. a. d. Finsen-Lichtinst. Bd. 4, S. 127, 1903.

Jesionek A.: Richtlinien der modernen Lichtbehandlung. Strahlentherapie, Bd. 7, S. 81, 1928.

Kirstein: Zschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 39, S. 93.

Klingmüller und *Halberstädter:* Bakterizide Lichtwirkung bei Finsens Behandlung. D. m. W. S. 539, 1905.

Kroetz C.: Ueber die Lichtwirkung vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus. Strahlentherapie, Bd. 28, S. 92, 1928.

Krusius: Experimentelle Tuberkulosestudien. Veröffentl. d. Robert-Kocá-Stift. Bd. 1, S. 133, 1916.

Kutscher K.: Ueber Untersuchungen der Nasenrachenhöhle gesunder Menschen auf Meningokokken. D. m. W. N. 27.

Lieber D.: Strahlentherapie 18, S. 536, 1924.

Lieske R.: Aus: Kolle-Kraus-Uhlenhut, Pathogene Mikroorganismen, Bd. 5, S. 31.

Lingelsheim v.: Bakteriologische Arbeiten der kgl. hyg. Anstalt zu Beuthen während der Genickstarreepidemie in Oberschlesien im Winter 1904/05. Klin. Jhrb. 1906, Bd. 15.

Lübbert: Biolog. Spaltpilzuntersuchungen. Würzburg 1886.

Nageischmidt: Zur Theorie der Lupusheilung. Arch. f. Derm., Bd. 63, S. 335, 1903.

Neidhart L.: Beitrag zur Strahlenempfindlichkeit pathogener Hautpilze. Diss. Zürich, 1924.

Öhlschlägel L.: Ueber die Abtötung von Bakteriensporen durch Licht. Arch. f. Hyg., Bd. 91, S. 177, 1922.

Passow A.: Untersuchungen über die Lichtwirkung und die photodynamische Wirkung auf Bakterien als Grundlage zur Lichttherapie bazillärer Augenerkrankungen. I. Ueber die Lichtwirkung auf Bakterien. Arch. f. Augenhlk. Bd. 93, S. 95, und Zbl. f. Hyg. Bd. 7, S. 235, 1924.

Pincussen L.: Strahlentherap. Bd. 25, S. 523, 1927.

Potthoff P.: Ueber die Einwirkung ultravioletter Strahlen auf Bakterien und Bakteriensporen. Desinfektion, Bd. 6, S. 10, 1921, und Zentralorgan f. Chir. Bd. 13, S. 421, 1921.

Schanz F.: Ueber die biolog. Strahlenwirkung. M. m. W. S. 643, 1916.

Schultz O.: Die Einwirkung der Ultravioletbestrahlung auf die Bakterienflora aktivierter Milchprodukte unter Berücksichtigung pathogener Keime. D. tierärztl. Wschr. S. 365, 1927.

Sewertzowa L. B.: Zur Frage nach den mitogenetischen Strahlen. Ueber den Einfluß der mitogenetischen Strahlen auf die Vermehrung von Bakterien. Biolog. Zbl. Bd. 49, S. 212, 1929, und Zbl. f. Radiol. Bd. 7, S. 674, 1929.

Sonne C.: Die Abhängigkeit der biolog. Reaktion von der Wellenlänge. Strahlenther. Bd. 28, S. 45, 1928.

Tappeiner v.: Die photodynamische Erscheinung. Erg. der Phys. S. 698, 1909.

Thiele H. und *Wolf:* Arch. f. Hyg. Bd. 57, S. 29, Bd. 57, S. 48, 1906, Bd. 60, S. 29, 1907.

Wiesner R.: Die Wirkung des Sonnenlichtes auf pathogene Bakt. Arch. f. Hyg. Bd. 61, S. 1, 1907.

Lebenslauf.

Ich wurde am 1. April 1914 als Sohn des Kaufmanns Theodor Staib und dessen Ehefrau Maria, geb. Vitzthum, in London geboren und besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. 1915 kam ich mit meinen Eltern nach Deutschland und besuchte in München von 1920—1924 die Volksschule und anschließend das human. Gymnasium, wo ich am 6. April 1933 das Reifezeugnis erhielt. Nach einem freiwilligen Werkhalbjahr studierte ich in München Zahnheilkunde und bestand im Juni 1935 das Physikum und im Juni 1937 das Staatsexamen mit „gut".